

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/002438

International filing date: 08 March 2005 (08.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 011 769.1
Filing date: 09 March 2004 (09.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 31 May 2005 (31.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

11 MAY 2005



EP05/2438

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 10 2004 011 769.1

Anmeldetag: 09. März 2004

Anmelder/Inhaber: KUKA Schweissanlagen GmbH, 86165 Augsburg/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Laserbearbeiten und Lasereinrichtung

IPC: B 23 K 26/10

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. April 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag


Kahle

Anmelder:

KUKA Schweissanlagen GmbH
Blücherstraße 144
86165 Augsburg

Vertreter:

Patentanwälte
Dipl.-Ing. H.-D. Ernicke
Dipl.-Ing. Klaus Ernicke
Schwibbogenplatz 2b
86153 Augsburg / DE

Datum:

09.03.2004

Akte:

772-1023 er/jä

BESCHREIBUNG

Verfahren zum Laserbearbeiten und Lasereinrichtung

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laserbearbeiten und eine Lasereinrichtung mit den Merkmalen im Kennzeichenteil des Verfahren- und Vorrichtungshauptanspruches.
- 10 Ein solches Bearbeitungsverfahren nebst Lasereinrichtung ist aus der Praxis in Verbindung mit dem Laserschweißen von Fahrzeugkarosserien bekannt. Ein Industrieroboter mit einer mehrachsigen Roboterhand führt hierbei ein Laserschweißwerkzeug mittels einer Andrückvorrichtung in
- 15 Berührungskontakt über das Werkstück. An der Führungsbewegung sind alle Roboter- und Handachsen gleichermaßen beteiligt. Das Laserwerkzeug wird mit einer konstanten Winkelausrichtung gegenüber dem Werkstück bewegt und orientiert, wobei der Laserstrahl stets im
- 20 Wesentlichen senkrecht auf die Werkstückoberfläche trifft. Als Laserquellen werden konventionelle Nd-YAG-Laser oder CO₂-Laser eingesetzt, die mit überwiegend konstanter Leistung arbeiten und ggf. steuerbar sind. Mit der bekannten Technik lassen sich nur begrenzte
- 25 Schweißgeschwindigkeiten erzielen. Außerdem ist die Laserschweißtechnik nur in Ausschweißstationen und zum Schweißen langer, unterbrechungsfreier Schweißnähte geeignet. Ein weiteres Problem besteht darin, dass die Roboterbahn zur Führung des Laserwerkzeugs und die
- 30 Schweißparameter vom Bediener vor Ort selbst ausgetestet und programmiert bzw. geteacht werden müssen.

Ferner ist es im Bereich der Oberflächenbearbeitung und insbesondere Gravur von Werkstücken bekannt, stationäre

35 Laserwerkzeuge mit einer Scanneroptik aus beweglichen Spiegeln zur Ablenkung und Führung des Laserstrahls einzusetzen.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine bessere Laserschweißtechnik aufzuzeigen.

5 Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen im
Verfahrens- und Vorrichtungshauptanspruch.
Das beanspruchte Laserbearbeitungsverfahren und die
Lasereinrichtung haben den Vorteil einer wesentlich
höheren Bearbeitungsgeschwindigkeit, insbesondere
10 Schweißgeschwindigkeit, und entsprechend kürzerer
Zykluszeiten. Die Zykluszeit ist die Summe der Zeiten für
eine Schweißaufgabe und die Umorientierung für die nächste
Schweißaufgabe. Dies erhöht die Wirtschaftlichkeit und
erlaubt es, in der vorgegebenen Taktzeit wesentlich mehr
15 Bearbeitungsvorgänge, insbesondere Schweißprozesse bzw.
Schweißaufgaben, mit weniger Geräten am Werkstück
durchzuführen. Zudem eignet sich die Lasertechnik für
beliebige Laserbearbeitungsverfahren, wobei außer dem
bevorzugten Laserschweißen auch Laserschneiden oder andere
20 Laserprozesse möglich sind.

Ein weiterer besonderer Vorteil liegt in der universellen
Einsetzbarkeit der Lasertechnik, die sich insbesondere für
das Heften lose vorgespannter Karosserieteile in einer
25 formgebenden Geostation oder Framingstation eignen.
Insbesondere sind die Nahtformen frei wählbar, wobei
Steppnähte, durchgehende Nähte oder Pendelnähte mit
seitlicher Auslenkung schweißbar sind.

30 Durch die Ablenkung des Laserstrahls mittels einer
Handachsenbewegung lassen sich sehr hohe
Bewegungsgeschwindigkeiten des Laserstrahls und
entsprechend hohe Schweißgeschwindigkeiten erzielen.
Außerdem lässt sich eine solche Laserstrahlablenkung
35 besonders leicht steuern und überwachen. Dies ist
einfacher als eine Laserstrahlablenkung durch ins
Laserwerkzeug integrierte Scanneroptiken mit beweglichen

Spiegeln. Die Handachsenbewegung kann zudem schneller, zielsicherer und kontrollierter als eine Spiegelbewegung ausgeführt werden. Ferner kann die gesamte Spiegeltechnik entfallen.

5

Bei den Handachsenbewegungen zur Laserstrahlablenkung können die anderen Roboterachsen im Wesentlichen in Ruhe sein oder nur eine durch den Ablenkungswinkel bedingte Höhenausgleichsbewegung der Hand und des Laserwerkzeugs ausführen. Bei langen Brennweiten von 300 mm und mehr ist ein Höhenausgleich häufig nicht erforderlich. Außerdem ermöglichen lange Brennweiten bei gleichen Schwenkwinkeln längere Schweißnähte bei einem im Wesentlichen stehenden Manipulator oder Roboter.

15

Alternativ kann der Manipulator eine Versatzbewegung mit seiner Hand ausführen, die der Handachsenbewegung überlagert wird. Hierdurch lassen sich besonders lange Bearbeitungsbahnen oder Schweißbahnen erzielen, die auch beliebig im Raum verlaufen können. Hierbei kann der Manipulator eine im Wesentlichen kontinuierliche Versatzbewegung durchführen, die besonders belastungsgünstig und für die Erzielung hoher Schweißgeschwindigkeiten förderlich ist. Durch eine zumindest partiell entgegengesetzte Laserstrahlablenkung und entsprechende Handachsenbewegung lässt sich hierbei in der Geschwindigkeits- und Orientierungsüberlagerung die gewünschte und insbesondere die optimale Bearbeitungs- und Schweißgeschwindigkeit am Werkstück erzielen. Über Handachsenbewegungen kann zudem der Laserstrahl seitlich von dem eigentlichen Bahnverlauf ausgelenkt werden, um beliebige Nahtformen schweißen zu können.

25

30

Die in ihrer Leistung veränderliche und in Abhängigkeit von der Laserstrahlbewegung gesteuerte Laserquelle bietet den Vorteil, dass bei der Laserbearbeitung die gewünschte und insbesondere die optimale Streckenenergie am Werkstück

35

einggebracht werden kann. Wenn der Laserstrahl mit hoher Geschwindigkeit über das Werkstück wandert, kann auch die Laserleistung entsprechend hoch sein. Außerdem kann die Laserleistung in Abhängigkeit vom Einstrahlwinkel des Laserstrahls am Werkstück gesteuert werden, um dem winkelabhängigen, unterschiedlichen Einkoppelverhalten des Laserstrahls Rechnung zu tragen. Bei der Bildung von unterbrochenen Nähten oder sogenannten Steppnähten kann die Laserleistung auch zeitweise abgeschaltet werden. Im Gegensatz zum Stand der Technik muss hierbei keine Laserleistung vernichtet werden. Als in der Leistung steuerbare und auch abschaltbare Laserquellen eignen sich insbesondere Faserlaser, Scheibenlaser oder diodengepumpte Nd-YAG-Laser.

Besondere technische und wirtschaftliche Vorteile ergeben sich, wenn die Laserquelle und der Manipulator von einer gemeinsamen Steuerung mit einer Recheneinheit und Speichern für Programme sowie mindestens einer Technologiedatenbank beaufschlagt werden. Diese Steuerung nimmt den Gerätebetreibern und Bedienern die bisherigen sehr aufwändigen und nur von Fachkräften ausführbaren Programmierarbeiten ab. Von Betreiber- oder Bedienerseite brauchen nur noch die Werkstückdaten in die Steuerung eingegeben werden, die auf dieser Datenbasis automatisch die erforderlichen Manipulatorbewegungen und Laser-Prozessparameter ermittelt und ausführt. Die Steuerung generiert hierbei die vom Laserstrahl zu verfolgende Führungsbahn und auch die erforderlichen Orientierungen und Ablenkungen des Laserstrahls über eine entsprechende automatische programmunterstützte Erstellung und Speicherung der Versatzbewegungen des Manipulators und der Handachsenbewegungen. Der Bediener braucht somit den Manipulator im Gegensatz zum Stand der Technik nicht mehr zu teachen. Außerdem werden die Laser-Prozessparameter und insbesondere die erforderlichen Leistungssteuerdaten der Laserquelle entsprechend der Laserstrahlbewegung

automatisch ermittelt und eingestellt.

Die Werkstückdaten können vom Bediener per Hand, über
einen austauschbaren Datenträger oder auch per
5 Datenfernübertragung über eine Datenleitung in die
Steuerung eingegeben werden. Bei einer
Datenfernübertragung ist sogar ein vollautomatischer
Betrieb möglich. Die beanspruchte Lasertechnik bietet
durch diesen hohen Bedienungskomfort eine wesentliche
10 Entlastung des Bedienungspersonals und ermöglicht den
Einsatz weniger qualifizierter Bediener oder sogar den
weitgehenden Verzicht auf Bedienpersonal.

Die Lasertechnik ist durch den hohen Integrationsgrad mit
15 nur wenig Aufwand an der Arbeitsstelle, insbesondere in
einer Roboterzelle oder einer kompletten Fertigungslinie
schnell einsetzbar. Die Lasertechnik mit
Bearbeitungsverfahren und Lasereinrichtung kann als
komplettes Funktionspaket dem Anlagenbetreiber zur
20 Verfügung gestellt werden, der damit ohne großen
Vorbereitungsaufwand schnell arbeiten kann. Insbesondere
lässt sich die Lasertechnik problemlos in bestehende
Fertigungsanlagen integrieren und kann auch für die
Umrüstung oder Nachrüstung bestehender Zellen oder
25 Stationen eingesetzt werden.

Zur Komplettierung der Lasertechnik kann noch ein Tooling
integriert und vorzugsweise mit der gemeinsamen Steuerung
verbunden werden. Dies kann die unterschiedlichsten
30 Werkzeuge für die Fahrzeugkarosserien oder andere
Werkstücke umfassen. Dies sind z.B. Spannwerkzeuge für das
lagegenaue Spannen von zu verschweißenden
Karosseriebauteilen oder eine Transporteinrichtung für den
Wechsel und die exakte Positionierung der Werkstücke.

Die Möglichkeiten der beanspruchten Lasertechnik lassen sich besonders gut bei Einsatz von mehrachsigen Manipulatoren mit mehrachsigen Händen, insbesondere Gelenkarmrobotern mit sechs oder mehr Achsen, ausnutzen. Hierdurch lassen sich die besten Flexibilitäten und die größten Arbeitsräume erzielen. Zudem sind lange Brennweiten der Laserwerkzeuge günstig, um durch kleine und schnell steuerbare Handachsenbewegungen lange Bearbeitungsbahnen erzeugen und große Werkstückbereiche erreichen zu können. Durch die hohen Prozessgeschwindigkeiten sind außerdem weniger Manipulatoren und Laserwerkzeuge als bisher zur Bearbeitung der Werkstücke erforderlich. Dies spart erhebliche Installationskosten und verbessert außerdem die gegenseitige Störproblematik der eingesetzten Geräte.

Die Lasereinrichtung lässt sich außerdem beliebig durch Einsatz mehrerer Manipulatoren oder Roboter mit Laserwerkzeugen erweitern, wobei über eine entsprechende Umschalttechnik die Beibehaltung einer einzigen und gemeinsamen Laserquelle möglich ist, was wegen deren Preis erhebliche Einsparungen mit sich bringt. Die gemeinsame Steuerung kann hierbei universell eingesetzt werden.

In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung angegeben.

Die Erfindung ist in den Zeichnungen beispielweise und schematisch dargestellt. Im einzelnen zeigen:

5 Figur 1: Eine Lasereinrichtung mit einem Manipulator,
 einem Laserwerkzeug und einer Laserquelle in
 Draufsicht,

 Figur 2: eine Lasereinrichtung in Seitenansicht,

10

 Figur 3: eine Fahrzeugkarosserie mit den erforderlichen
 Schweißbereichen und der zugehörigen
 Führungsbahn des Laserwerkzeugs und des
 Manipulators in Seitenansicht,

15

 Figur 4: eine vereinfachte und perspektivische
 Prinzipdarstellung eines Remote-Laserwerkzeugs,

20

 Figur 5: eine detailliertere und vergrößerte
 Seitenansicht des Manipulators mit dem
 Laserwerkzeug und einem Teil des Werkstücks,

 Figur 6: eine vergrößerte Seitenansicht der Hand, eines
 Auslegers und des Laserwerkzeugs,

25

 Figur 7: eine Prinzipskizze der Laserstrahlbewegung am
 Werkstück,

30

 Figur 8: eine Prinzipdarstellung der
 Geschwindigkeitsüberlagerungen und

 Figur 9: eine Darstellung verschiedener Nahtformen.

35

 Figur 1 und 2 zeigen in schematischen Draufsichten und
 Seiten- bzw. Frontansichten den prinzipiellen Aufbau einer
 Lasereinrichtung (1). Die Lasereinrichtung (1) kann

Bestandteil einer Bearbeitungsstation in Form einer
eigenständigen Zelle oder einer Zelle bzw. Station in
einer Fertigungslinie sein. Die Lasereinrichtung (1) kann
ferner mehrfach in der Station vorhanden sein. In der
5 gezeigten Ausführungsform handelt es sich z.B. um eine
Geostation oder Framingstation im Karosserierohbau, in der
die zunächst lose geklammerte Karosserie (2) ihre
endgültige Form erhält. Die Station kann alternativ auch
als Ausschweißstation oder Respot-Station ausgebildet
10 sein. Ein Einsatz ist ferner in Fertigungszellen für
Karosserieteile, z.B. Seitenwände oder dergleichen
möglich. Generell kann die Lasereinrichtung (1) in
beliebigen Umgebungen eingesetzt und zur Bearbeitung
beliebiger Werkstücke (2) verwendet werden, wobei letztere
15 vorzugsweise Fahrzeugkarosserien oder deren
Karosserieteile sind.

Die Lasereinrichtung (1) besteht aus mindestens einem
Manipulator (4) mit einem Laserwerkzeug (15), einer
20 Laserquelle (13) und einer Leiteinrichtung (16) für den
Transport des Laserlichts von der Laserquelle (13) zum
Laserwerkzeug (15). Ferner kann die Lasereinrichtung (1)
noch eine gemeinsame Steuerung (20) für den Manipulator
(4) und die Laserquelle (13) aufweisen. Zudem kann
25 Bestandteil der Lasereinrichtung (1) ein sogenanntes
Tooling (27) sein, welches ebenfalls mit der Steuerung
(20) verbunden sein kann.

Der Manipulator (4) kann von beliebig geeigneter Bauart
30 sein und trägt an seinem vorderen Ende eine mehrachsige
Hand (8). In der gezeigten und bevorzugten Ausführungsform
handelt es sich um einen sechssachsigen Gelenkarmroboter,
der auch ein oder mehrere Zusatzachsen (11), z.B. die in
Figur 1 und 2 gezeigte lineare Fahrachse haben kann. Der
35 Roboter (4) kann am Anlagenboden, an einem Portal (nicht
dargestellt), an einer Seitenwand oder einer sonstigen
geeigneten Stelle angeordnet sein.

Der Gelenkarmroboter (4) besteht aus einem Gestell (31), auf dem um eine erste Drehachse I eine Konsole (5) drehbar gelagert ist. An der Konsole (5) ist um eine quer
5 verlaufende Schwenkachse II eine Schwinge (6) schwenkbar gelagert, an deren anderem Ende wiederum über eine dritte, quer liegende Schwenkachse III ein Ausleger oder Roboterarm (7) schwenkbar gelagert ist. An dessen Ende ist die Roboterhand (8) mit ihren drei Dreh- und Schwenkachsen
10 IV,V,VI angeordnet. Die drei Handachsen IV,V,VI schneiden sich vorzugsweise in einem gemeinsamen Kreuzungspunkt (10) und sind orthogonal zueinander ausgerichtet.

Alternativ kann der Manipulator (4) einfacher ausgebildet und mit weniger Achsen ausgerüstet sein. Es kann sich
15 hierbei z.B. um eine Lineareinheit mit zwei translatorischen Achsen in der Art eines Kreuzschlittens handeln. Ferner sind Manipulatorformen mit einer Kombination von linearen und rotatorischen Achsen möglich.
20 Die Hand (8) hat auch in diesen Fällen mindestens zwei einander kreuzende Handachsen.

Das Laserwerkzeug (15) ist als Remote-Laserwerkzeug ausgebildet, welches eine Brennweite F hat und vom
25 Manipulator (5) in einem kontaktfreien Abstand schwebend über dem Werkstück (2) entlang einer Bearbeitungsbahn (30) geführt wird. Zwischen dem Laserwerkzeug (15) und dem Werkstück (2) besteht kein Berührungskontakt, wobei auch auf Andruckrollen und dergleichen andere Führungsmittel
30 verzichtet wird. Die Brennweite F bestimmt den Arbeitsabstand des Laserwerkzeugs (15) vom Werkstück (2) und beträgt vorzugsweise mehr als 300 mm, insbesondere 500 mm bis 1.500 mm und mehr.

35 Die Brennweite F kann fest sein. Sie kann alternativ veränderlich sein und sich z.B. durch einen Revolver-Optikkopf oder einen Wechsel der Laseroptik umschalten

oder mittels einer verfahrbaren Lineareinheit
(Fokusnachführung) verstellen lassen.

Das Laserwerkzeug (15) ist in geeigneter Weise am
5 rotatorischen Abtriebsflansch (9) der Hand (8) angeordnet.
In der gezeigten und bevorzugten Ausführungsform wird
hierfür ein Ausleger (12) eingesetzt, der sich vom
Abtriebsflansch (9) schräg nach hinten und nach unten
erstreckt, wodurch das am unteren Auslegerende quer
10 montierte Laserwerkzeug (15) mit der nach hinten
verlängerten Wirkachse des Laserstrahls (14) den
Kreuzungspunkt (10) schneidet. Der Ausleger (12) ist z.B.
als rahmenförmiges Gehäuse gestaltet und umgreift mit
seinen Seitenwänden beidseits die Hand (8) und das
15 Laserwerkzeug (15).

Alternativ kann der Ausleger (12) auch anders gestaltet
sein und sich z.B. in Längsrichtung der letzten Handachse
VI erstrecken. Ferner kann auf den Ausleger (12)
20 verzichtet und das Laserwerkzeug (15) direkt am
Abtriebsflansch (9) befestigt werden.

Der Laserbearbeitungsprozess kann von beliebiger Art sein.
Vorzugsweise handelt es sich um einen Laserschweißprozess.
25 Es kann aber auch ein Laserschneidprozess oder ein anderes
Laserverfahren sein. Nachfolgend wird die Lasertechnik mit
Bezug auf ein Laserschweißverfahren beschrieben, wobei
sich die Darstellungen auch auf andere
Laserbearbeitungsverfahren entsprechend übertragen lassen.

30 Zum Schweißen wird der Laserstrahl (14) im wesentlichen
durch eine Bewegung der Handachsen IV,V,VI um
veränderliche räumliche Auslenkwinkel α abgelenkt und
dabei über das Werkstück (2) entlang einer in der
35 Steuerung (20) ermittelten und programmierten
Bearbeitungs- oder Schweißbahn (30) bewegt. Figur 4 und 5
verdeutlichen diese Kinematik. Der Manipulator (4) hält

die Hand (8) über eine entsprechende Ansteuerung seiner Roboterachsen I,II,III derart, dass die Hand (8) sich in Streckstellung mit Abstand oberhalb des zu bearbeitenden Werkstückbereichs befindet und dabei mit ihrem Gehäuse und der Abtriebsachse VI im wesentlichen parallel zu diesem Werkstückbereich ausgerichtet ist.

In einer solchen Stellung, wie sie z.B. in Figur 2, 4 und 5 mit einem vereinfachten ebenen Werkstück (2) dargestellt ist, kann der Laserstrahl (14) über Drehbewegungen der rotatorischen Handachsen V und VI über die Werkstückoberfläche bewegt und dabei um die besagten räumlichen Auslenkwinkel α abgelenkt werden. Figur 4 zeigt schematisch diese Bewegungsmöglichkeit, wobei z.B. durch überlagerte Handachsenbewegungen am Tafelrand eine umlaufende offene oder geschlossene Steppnaht aus abgesetzten kurzen Laserstrichnähten gebildet wird. In Abwandlung des genannten Ausführungsbeispiels kann alternativ oder zusätzlich zur letzten Handachse und Abtriebsachse VI eine Drehbewegung um die erste Handachse IV erfolgen. Dies gilt zumindest in der in Figur 5 gezeigten Streckstellung.

Während der Handachsenbewegungen kann der Manipulator (4) mit seinen anderen Achsen I,II,III in Ruhe bleiben. Etwaige durch den Auslenkwinkel α und die dementsprechende Bogenbahn des Fokuspunktes oder Brennflecks bedingte Höhenabweichungen df (vgl. Figur 5) können gegebenenfalls durch eine Nachführbewegung des Manipulators (5) mit ein oder mehreren seiner Achsen I,II,III kompensiert werden, um den Fokuspunkt stets genau auf der Werkstückoberfläche zu halten. Bei längeren Brennweiten verringert sich die Höhenabweichung df und kann je nach Prozesserfordernis auch unter Verzicht auf eine Nachführbewegung toleriert werden.

Der Manipulator (4) kann außerdem zwischen den einzelnen Bearbeitungs- oder Prozessabschnitten, aber auch während des Schweißprozesses, eine Versatzbewegung über seine Achsen I,II,III und gegebenenfalls auch über die erste Handachse IV ausführen und dabei die Hand (8) und das Laserwerkzeug (15) relativ zum Werkstück (2) führen.

Diese Versatzbewegung und die Handachsenbewegung zur Laserstrahlablenkung können einander überlagert werden. Insbesondere kann der Manipulator (4) eine im wesentlichen konstante Versatzbewegung ausführen, wobei die überlagerte Strahlablenkbewegung dieser Versatzbewegung zumindest partiell entgegengerichtet ist. Die Strahlablenkbewegung kann zusätzlich oder alternativ bei der Bewegungsüberlagerung quer zur Versatzbewegung gerichtet sein. Dadurch lassen sich beliebige Nahtformen (30) erzielen, wie sie in Figur 9 in verschiedenen Beispielen angedeutet sind. Die Variationsmöglichkeiten betreffen insbesondere die Form, Länge und Abfolge der einzelnen Nahtabschnitte sowie die räumliche Gesamtform der Naht (30), z.B. Kreise, Spiralen, Winkelstrecken etc..

Figur 7 und 8 verdeutlichen die vorerwähnte Bewegungsüberlagerung. Bei einer parallelen Ausrichtung beider Bewegungen kann z.B. gemäß Figur 8 die Versatzbewegung mit einer hohen Versatzgeschwindigkeit V_r erfolgen, wobei die entgegengerichtete Ablenkbewegung eine kleinere Auslenkgeschwindigkeit V_w erzeugt. Durch die Überlagerung beider entgegen gerichteter Bewegungen ergibt sich am Werkstück (2) an der Bearbeitungsbahn oder Schweißnaht (30) eine Bearbeitungs- oder Schweißgeschwindigkeit V_s . Für das Laser-Remoteschweißen mit einer engen Bündelung und hohen Strahlqualität des Laserstrahls (14) können sehr hohe Schweißgeschwindigkeiten V_s von 9m/min und mehr erzielt werden.

Der Manipulator (4) kann hierbei im wesentlichen kontinuierlich und ohne Unterbrechungen sowie ohne Starts und Stopps bewegt werden, was die Verlustzeiten reduziert und die Gesamtgeschwindigkeit des Prozesses wesentlich erhöht. Figur 7 erläutert hierzu die Wegverhältnisse. Der vom Manipulator (4) zurückgelegte Versatzweg f ist im wesentlichen parallel und dabei wesentlich größer als der am Werkstück (2) zurückgelegte Bearbeitungs- oder Schweißweg s entlang der Bearbeitungsbahn (30). Wenn z.B. eine Steppnaht mit mehreren mit gegenseitigem Abstand hintereinander ausgeführten Nahtstrichen gesetzt wird, beginnt gemäß Figur 7 der Schweißprozess bereits an einer Position X, in der der Laserstrahl (14) über eine Handachsenbewegung um den Winkel α ausgelenkt und schräg auf das Werkstück (2) gerichtet wird. Der Auslenkwinkel α ist hierbei der räumliche Winkel, um den das Laserwerkzeug (15) mit dem Laserstrahl (14) aus der Senkrechten oder Normalenrichtung zur Werkstückoberfläche ausgelenkt wird. In dieser Ausgangslage, wie sie in Figur 5 und 6 verdeutlicht wird, hat die Hand (8) außerdem vorzugsweise ihre Streckstellung.

Zu Beginn des Laserschweißprozesses im Punkt X eilt der Laserstrahl (14) der Hand (8) voraus und ist schräg auf die Werkstückoberfläche gerichtet, wobei er mit einem Einstrahlwinkel β zur Werkstückoberfläche auftrifft. Im Verlauf des Versatzwegs f wird der Auslenkwinkel α reduziert, wodurch sich die Orientierung des Laserstrahls (14) ändert und der Einstrahlwinkel β entsprechend vergrößert. Etwa in der Mitte des Versatzwegs f betragen der Auslenkwinkel α ca. 0° und der Einstrahlwinkel β ca. 90° . Ab diesem Punkt ändert sich die Strahlorientierung, wobei der Auslenkwinkel α negativ wird und wieder zunimmt. Der Einstrahlwinkel β vergrößert sich ebenfalls auf über 90° . Ab dem besagten Mittelpunkt wird der Laserstrahl (14) vom Laserwerkzeug (15) schräg nach hinten gerichtet, wobei das Laserwerkzeug (15) den Laserauftreffpunkt am Werkstück

überholt und voreilt. Am Ende des Schweißwegs s ist der Manipulator (4) in seiner Versatzbewegung und seinem Versatzweg f am Endpunkt Y weit voraus. Für den nächstfolgenden Nahtabschnitt wird durch eine Handachsenbewegung das Laserwerkzeug (15) bei abgeschaltetem Laserstahl wieder umorientiert und nimmt den vorbeschriebenen positiven Auslenkwinkel α ein, um für den nächsten Schweißprozess am Startpunkt X wieder bereit zu sein.

Diese an einem einfachen ebenen Werkstück und für eine einfache Schweißnaht mit geraden Nahtstrichen beschriebene Kinematik kann mit entsprechenden Modifizierungen auch für kompliziertere Verhältnisse mit z.B. gewölbten Werkstückoberflächen und einer entsprechenden Änderung der Versatzbewegung übertragen werden. Vorzugsweise wird bei der Versatzbewegung der Manipulator (4) derart in seiner Bewegungsbahn programmiert, dass der Kreuzungspunkt (10) der Handachsen IV,V,VI in einer der zu bearbeitenden Werkstückkontur und der gewünschten Bearbeitungs- oder Schweißbahn (30) folgenden räumlichen Bewegungsbahn mit einem im wesentlichen konstanten Arbeitsabstand über das Werkstück (2) geführt wird.

Die Laserquelle (13) kann von beliebiger und geeigneter Art sein. Sie ist in ihrer Leistung veränderlich und kann insbesondere in Abhängigkeit von den Laserstrahlbewegungen gesteuert werden. Hierfür ist vorzugsweise eine gemeinsame Steuerung (20) von Manipulator (4) und Laserquelle (13) vorhanden. Die Laserquelle (13) ist vorzugsweise als Faserlaser, Scheibenlaser oder diodengepumpter Nd-YAG-Laser ausgebildet. Eine solche Laserquelle (13) lässt sich bei Bedarf auch kurzzeitig abschalten, was z.B. bei Steppnähten zwischen den einzelnen Nahtabschnitten der Fall ist. Außerdem kann die Laserleistung der Laserquelle (13) in ihrer Höhe in Abhängigkeit vom Auslenkwinkel α oder vom Einstrahlwinkel β gesteuert werden. Das

Einkoppelverhalten des Laserstrahls (14) hängt vom Einstrahlwinkel β ab und ist im Bereich von ca. 90° am besten. In diesem Winkelbereich kann die Laserleistung entsprechend verringert werden. Bei kleineren und auch bei größeren Einstrahlwinkeln β wie sie z.B. in Figur 7 bei den Start- und Endpunkten X,Y gegeben sind, ist das Einkoppelverhalten schlechter, wobei zur Kompensation die Laserleistung entsprechend erhöht wird.

Die Lasereinrichtung (1) ermöglicht es, die im Bearbeitungs- oder Schweißweg s vom Laserstrahl (14) eingebrachte Streckenenergie zu steuern und zu optimieren. Die Laserleistung lässt sich hierbei auch in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit steuern, mit der sich der Auftreffpunkt des Laserstrahls (14) entlang der Schweißbahn (30) am Werkstück (2) bewegt. Diese Bewegung ist abhängig von der Handachsenbewegung und der Laserstrahlablenkung sowie der gegebenenfalls überlagerten Versatzbewegung. Je höher die Bewegungsgeschwindigkeit des Auftreffpunktes ist, desto höher kann die Laserleistung sein. Umgekehrt verringert sich mit der Bewegungsgeschwindigkeit die erforderliche Laserleistung. Die eingebrachte Streckenenergie kann hierdurch in der gewünschten Weise gesteuert und z.B. im Wesentlichen konstant gehalten werden. Je nach Prozesserfordernissen kann sie aber auch örtlich und zeitlich variieren, um z.B. Dicken- oder Lagenunterschiede im Werkstück zu berücksichtigen. Die Bewegungsgeschwindigkeit des Strahlauftreffpunktes und die daran gekoppelte Laserleistung können außerdem über den Schweißweg oder Nahtlänge s variieren.

Die vorbeschriebenen unterschiedlichen Einflussgrößen für die Laserleistung können einander überlagern und sich gegenseitig beeinflussen. In einer Technologiedatenbank können hierfür die erforderlichen Laser-Prozessparameter und insbesondere die Steuerungsdaten für die Laserleistung

in Abhängigkeit von der Bewegungskinetik des Laserstrahls (14) hinterlegt und gespeichert werden. Als Bewegungsparameter für den Laserstrahl (14) können hierbei die Versatzgeschwindigkeit V_r , der Versatzweg f , die Auslenkgeschwindigkeit V_w , der Auslenkwinkel α bzw. der Einstrahlwinkel β , die Brennweite F , gegebenenfalls der Arbeitsabstand des Kreuzungspunktes (10) gegenüber der Werkstückoberfläche und die gewünschte Nahtform bzw. deren Verlauf sowie evtl. weitere Daten eingegeben werden.

Die gemeinsame Steuerung (20) beinhaltet mindestens eine Recheneinheit (21) mit ein oder mehreren angeschlossenen Speichern (22), in denen einerseits die vorerwähnte Technologiedatenbank(en) und andererseits mindestens ein Programm gespeichert sind, mit dem die vom Manipulator (4) durchzuführenden Versatz- und Handachsenbewegungen und die vorerwähnten Laser-Prozessparameter, insbesondere die erforderliche Laserleistung, automatisch ermittelt und während des Schweißprozesses eingestellt, abgearbeitet und ggf. überwacht sowie protokolliert werden.

Die Ermittlung geschieht an Hand von Werkstückdaten, die der Steuerung (20) über eine Eingabeeinheit (23) vor Ort eingegeben werden. Diese Werkstückdaten beinhalten zum einen die gewünschte ein- oder mehrteilige Bearbeitungsbahn (30). Dies können Daten über Ort, Verlauf und Art bzw. Nahtform der Schweißbahn (30) am Werkstück (2) sein. Hierbei können beliebige Nahtformen vorgegeben werden, wie sie z.B. in Figur 9 schematisch dargestellt sind. Dies können insbesondere Steppnähte mit mehreren Nahtabschnitten beliebiger Länge und beliebiger Abstände sein. Alternativ können durchgehende Schweißnähte vorgegeben werden. Wie Figur 9 verdeutlicht, können außerdem Kreis- oder Ringnähte, Zick-Zack-Nähte, Schuppennähte mittels aneinander gereihter Bewegungsspiralen etc. vorgegeben werden.

Zu den Werkstückdaten zählen ferner Angaben über Material, Oberflächenbeschaffenheit, Zahl und gegenseitige Lage der Bleche in der Prozesszone und dgl. andere Daten. Diese Werkstückdaten beeinflussen ebenfalls die Laserleistung.

5 Für Mehrlagenschweißungen und für dickere Bleche sind z.B. höhere Leistungen erforderlich. Gegebenenfalls müssen auch mehrere dünne Schweißnähte nebeneinander oder übereinander oder auch breitere Schweißnähte gesetzt werden. Eine Verbreiterung der Schweißnähte kann man z.B. durch einen
10 bewussten Versatz zwischen Laserstrahlfokus und Auftreffpunkt erzielen. Je größer dieser Versatz in der positiven oder negativen Richtung ist, desto größer ist der Strahlquerschnitt am Auftreffpunkt und desto größer ist die Schweißnahtbreite, wobei eine entsprechend höhere
15 Laserleistung nützlich oder erforderlich ist.

In der Steuerung (20) ist ein Programm hinterlegt, welches an Hand der vorerwähnten Werkstückdaten selbsttätig die vom Manipulator (4) durchzuführenden Achsenbewegungen und
20 auch die Bewegungs- und Führungsbahn für die Hand (8) sowie den Kreuzungspunkt (10) und auch die erforderlichen Handachsenbewegungen für die Strahlablenkung berechnet, speichert und dem Manipulator (4) als programmierte Bahn vorgibt. Auch hier ist zudem eine Überwachung und
25 Protokollierung der Bewegungen möglich. Unter Berücksichtigung dieser Bewegungsdaten kann das gleiche oder ein anderes Programm zudem die erforderlichen Laser-Prozessparameter, insbesondere die erforderliche Laserleistung der Laserquelle (13) in den verschiedenen
30 Prozessabschnitten und entlang der Bearbeitungsbahn (30) berechnen, speichern und während des Prozesses abarbeiten. Vom Bediener oder Betreiber sind somit in der vollen Ausbaustufe im Wesentlichen nur die Werkstückdaten einzugeben.

Diese Eingabe kann auf verschiedene Weise erfolgen. Figur 2 zeigt hierfür schematisch verschiedene Möglichkeiten. Dies kann z.B. eine manuelle Eingabe von einem Bediener über eine Tastatur (24) an einer Eingabestation mit einem Monitor sein. Hierbei können auch andere Eingabegeräte, wie eine Maus, ein Tableau oder dergleichen verwendet werden. Die Werkstückdaten können ferner über ein oder mehrere wechselbare und transportable Datenträger (25) in Verbindung mit entsprechenden Laufwerken der Steuerung (20) eingegeben werden. Dies können z.B. CDs, DVDs, Bänder oder dergleichen sein. Ferner ist eine Datenübergabe per Datenfernübertragung mittels ein oder mehrerer Datenleitungen (26), z.B. auch innerhalb eines Netzwerks, möglich. Hierfür kann eine Kabelverbindung, aber auch eine berührungslose Datenfernübertragung mittels Funk, Infrarot oder dergleichen vorgesehen sein.

Die Leiteinrichtung (16) für den Laserstrahl (14) kann in beliebig geeigneter Weise ausgebildet sein. In der gezeigten Ausführungsform besteht sie aus einem flexiblen Lichtleiterkabel (17), welches die Laserquelle (13) mit dem Laserwerkzeug (15) verbindet. Alternativ kann die Leiteinrichtung (16) auch aus einer mit Rohren, Gelenken, Teleskopabschnitten und Spiegeln versehenen Strahlführung bestehen. Daneben sind auch andere beliebige Leiteinrichtungen möglich.

Die Leiteinrichtung (16) ist vorzugsweise modular aufgebaut und besteht aus mehreren Leiterabschnitten (18), die durch Leiterkupplungen (19) untereinander verbunden werden können. Dies bietet eine Art Baukastensystem und erlaubt es, die Leiteinrichtung (16) an den jeweiligen Einsatzzweck anzupassen und die jeweils erforderlichen Längen und Verläufe der Leiteinrichtungen (16) zu bilden. Die Leiteinrichtung (16) ist hierdurch hoch flexibel.

Eine Laserquelle (13) kann mehrere Manipulatoren (4) und Laserwerkzeuge (15) gemeinsam über entsprechend mehrere Leiteinrichtungen (16) versorgen. Dies ist in Figur 2 durch zwei schematisch dargestellte zusätzliche
5 Leiterkabel (17) symbolisiert. Über die Steuerung (20) und ein entsprechendes Programm kann hierbei die Laserquelle (13) auf die unterschiedlichen Leiteinrichtungen (16) und Laserwerkzeuge (15) umgeschaltet werden. Hierbei können außerdem andere Laserwerkzeuge, die z.B. an Spannrahmen
10 oder dergleichen angeordnet sind, angeschlossen werden. Die Umschaltung der Laserenergie und des Laserstrahls (14) können auch auf anderem Weg, z.B. durch verstellbare Laserstrahlweichen oder dergleichen erfolgen. In weiterer Abwandlung ist es möglich, mit einer aus mehreren
15 Einzelmodulen bestehenden Laserquelle (13) zu arbeiten und jedes Modul mit einem zugehörigen Laserwerkzeug (15) zu verbinden. Auch hier ist alternativ eine Umschaltung möglich.

20 Durch die erwähnte Umschaltung wird die Laserenergie optimal ausgenutzt. Während der Nebenzeiten der einzelnen Manipulatoren (4) bzw. Laserwerkzeuge (15), in denen z.B. das Laserwerkzeug (15) örtlich versetzt oder umorientiert wird, kann die Laserleistung auf ein anderes,
25 prozessbereites Laserwerkzeug (15) umgeschaltet werden. Nach Beendigung der Nebenzeit wird die Laserleistung wieder auf das erste Laserwerkzeug (15) zurückgeschaltet.

Das eingangs erwähnte Tooling (27) ist in Figur 1 und 2
30 schematisch angedeutet. Es kann ebenfalls genauso wie die Manipulatoren (4) und die Laserquelle (13) an die gemeinsame Steuerung (20) angeschlossen sein und von dieser in Abhängigkeit vom Prozess beaufschlagt werden. Das Tooling (27) kann alternativ Bestandteil der Station
35 sein. Das Tooling (27) kann z.B. aus ein oder mehreren verschiedenen Werkzeugen bestehen. In Figur 1 und 2 ist hierfür z.B. ein Spannwerkzeug (28) angedeutet, welches

aus ein oder mehreren und gegebenenfalls beweglichen und austauschbaren Spannrahmen mit daran befestigten einzelnen Spannwerkzeugen oder sonstigen Bearbeitungswerkzeugen für das Werkstück (2) besteht. Zum Tooling (27) können ferner
5 eine schaltbare örtliche Schutzgaszuführung am Werkstück (2), eine Rauchabsaugung oder dergleichen zählen.

Das Tooling (27) kann ferner einen Werkstückträger (3) für die Karosserien oder Karosserieteile (2) und
10 gegebenenfalls auch eine Transporteinrichtung (29) für den Werkstückträger (3) und/oder die Karosserie/Karosserieteile (2) beinhalten. Eine solche Transporteinrichtung (29) kann zudem eine Positioniereinrichtung aufweisen, mit der die Karosserie
15 oder Karosserieteile (2) in die prozessgerechte Position gebracht und dort fixiert werden. Der Transport und Wechsel der Karosserien oder Karosserieteile (2) kann in beliebig geeigneter Weise über entsprechende stationäre Förderer, wie Rollenbahnen oder dergleichen, aber auch
20 durch frei programmierbare Förderer, wie Transportroboter etc. bewirkt werden. Diese sind ebenfalls an die Steuerung (20) angeschlossen.

Abwandlungen der gezeigten und beschriebenen
25 Ausführungsformen sind in verschiedener Weise möglich. Dies betrifft zum einen die Ausgestaltung und Anordnung der Manipulatoren (4) und der Laserquelle (13) sowie der weiteren Komponenten der Lasereinrichtung (1). Variabel ist auch das Laserwerkzeug (15), welches z.B. über
30 Strahlspaltung mit zwei oder mehr Laserstrahlen (14) arbeiten kann. Außerdem kann in das Laserwerkzeug (15) ein automatischer linearer Fokus- und Höhenausgleich integriert sein. Bei einer entsprechenden Ausgestaltung der Laserquelle (13) und der Leiteinrichtung (16) kann
35 außerdem das Laserwerkzeug (15) mit einem Bündel von mehreren einzelnen schaltbaren Laserstrahlen arbeiten.

PATENTANSPRÜCHE

- 1.) Verfahren zum Laserbearbeiten, insbesondere Laserschweißen, von Werkstücken (2), insbesondere Fahrzeugkarosserien und Karosserieteilen, wobei ein Laserstrahl (14) von mindestens einer Laserquelle (13) über eine Leiteinrichtung (16) zu einem Laserwerkzeug (15) an einer mehrachsigen Hand (8) mindestens eines Manipulators (4) geführt und auf das Werkstück (2) gerichtet wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator (4) ein Remote-Laserwerkzeug (15) mit einer Brennweite F in einem kontaktfreien Abstand schwebend über dem Werkstück (2) entlang einer Bearbeitungsbahn (30) führt und dabei den Laserstrahl (14) im wesentlichen über eine Bewegung der Handachsen IV,V,VI um veränderliche Auslenkwinkel α ablenkt, wobei die in ihrer Leistung veränderliche Laserquelle (13) in Abhängigkeit von den Laserstrahlbewegungen gesteuert wird.
- 2.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator (4) die Hand (8) in einer Versatzbewegung relativ zum Werkstück (2) führt, wobei die Strahlablenkbewegung der Handachsen IV,V,VI der Versatzbewegung überlagert wird.
- 3.) Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator (4) eine im wesentlichen konstante Versatzbewegung durchführt, wobei die überlagerte Strahlablenkbewegung der Versatzbewegung zumindest partiell entgegen gerichtet ist.

- 4.) Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t, dass die Laserquelle
(13) und der Manipulator (4) von einer gemeinsamen
Steuerung (20) beaufschlagt werden.
- 5
5.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass in einer
Recheneinheit (21) und in mindestens einem Speicher
(22) der Steuerung (20) ein oder mehrere Programme
10 und mindestens eine Technologiedatenbank gespeichert
und abgearbeitet werden, mit denen in der
Recheneinheit (21) an Hand von eingegebenen
Werkstückdaten die vom Manipulator (4)
durchzuführenden Bewegungen und die Laser-
15 Prozessparameter automatisch ermittelt und
ausgeführt werden.
- 6.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die
20 Leistung der Laserquelle (13) und die vom
Manipulator (4) durchzuführenden Versatz- und
Strahlablenkbewegungen nach der am Werkstück (2)
einzubringenden Streckenenergie ermittelt und
gesteuert werden.
- 25
7.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die
Werkstückdaten vom Betreiber vor Ort über eine
Eingabeeinheit (23) in die Steuerung (21) eingegeben
30 werden.
- 8.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass von der
Steuerung (21) ein oder mehrere Werkzeuge (27) für
35 das Werkstück (2) gesteuert werden.

9.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass ein Laserwerkzeug (15) mit umschaltbarer oder verstellbarer Brennweite F verwendet wird.

5

10

15

20

10.) Lasereinrichtung zum Laserbearbeiten, insbesondere Laserschweißen, von Werkstücken (2), insbesondere Fahrzeugkarosserien und Karosserieteilen, mit mindestens einer Laserquelle (13), die über eine Leiteinrichtung (16) mit einem Laserwerkzeug (15) an einer mehrachsigen Hand (8) mindestens eines Manipulators (4) verbindbar ist, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Manipulator (4) ein Remote-Laserwerkzeug (15) mit einer Brennweite F hält und in einem kontaktfreien Abstand schwebend über dem Werkstück (2) entlang einer Bearbeitungsbahn (30) führt, wobei der Manipulator (4) in den Bewegung seiner Handachsen IV,V,VI derart steuerbar ist, dass der Laserstrahl (14) um

25

30

11.) Lasereinrichtung nach Anspruch 10, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Manipulator (4) die Hand (8) in einer Versatzbewegung relativ zum Werkstück (2) führt, wobei die Strahlablenkbewegung der Handachsen IV,V,VI der Versatzbewegung überlagert wird.

35

12.) Lasereinrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Manipulator (4) eine im wesentlichen konstante Versatzbewegung durchführt, wobei die überlagerte Strahlablenkbewegung der Versatzbewegung zumindest partiell entgegen gerichtet ist.

13.) Lasereinrichtung nach Anspruch 10, 11 oder 12,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die
Laserquelle (13) und der Manipulator (4) eine
gemeinsame Steuerung (20) aufweisen.

14.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass
die Steuerung (20) mindestens eine Recheneinheit
(21) und mindestens einen Speicher (22) mit ein oder
mehreren Programmen und mit mindestens einer
Technologiedatenbank aufweist, mit denen an Hand von
eingegebenen Werkstückdaten die vom Manipulator (4)
durchzuführenden Bewegungen und die Laser-
Prozessparameter automatisch ermittelbar und
ausführbar sind.

15.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass
die Leistung der Laserquelle (13) und die vom
Manipulator (4) durchzuführenden Versatz- und
Strahlablenkbewegungen nach der am Werkstück (2)
einzubringenden Streckenenergie ermittelbar und
steuerbar sind.

16.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass
die Steuerung (21) eine Eingabeeinheit (23) zur
Eingabe von Werkstückdaten vom Betreiber vor Ort
aufweist.

17.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass
die Eingabeeinheit (23) eine Tastatur (24) und/oder
ein Laufwerk für transportable Datenträger (25)
und/oder mindestens eine Schnittstelle für eine
Datenleitung (26) aufweist.

- 5 18.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Lasereinrichtung (1) ein oder mehrere Werkzeuge (27) für das Werkstück (2) aufweist, die mit der Steuerung (21) verbunden sind.
- 10 19.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Werkzeuge (27) als Spannwerkzeuge (28) und/oder als Transporteinrichtung (29) für die Werkstücke (2) ausgebildet sind.
- 15 20.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Leiteinrichtung (16) modular ausgebildet ist und mehrere mit Leiterkupplungen (19) verbindbare Leiterabschnitte (18) aufweist.
- 20 21.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Leiteinrichtung (16) als Lichtleitkabel ausgebildet ist.
- 25 22.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Laserquelle (13) als Faserlaser, Scheibenlaser oder diodengepumpter Nd-YAG-Laser ausgebildet ist.
- 30 23.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass das Laserwerkzeug (15) eine umschaltbare oder verstellbare Brennweite F aufweist.
- 35 24.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass das Laserwerkzeug (15) eine Brennweite von mehr als

300 mm, vorzugsweise mehr als 1.500 mm, aufweist.

5 25.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Lasereinrichtung (1) mehrere Manipulatoren (4) mit Laserwerkzeugen (15) aufweist, wobei die gemeinsame Laserquelle (13) von der Steuerung (20) auf verschiedene Laserwerkzeuge (15) umschaltbar ist.

10 26.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Manipulator (4) als mehrachsiger Industriroboter, vorzugsweise als sechssachsiger Gelenkarmroboter mit Roboterachsen I-VI, ausgebildet ist.

15

20 27.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Hand (8) drei rotatorische Handachsen IV,V,VI aufweist.

25

30

35

BEZUGSZEICHENLISTE

	1	Lasereinrichtung
	2	Werkstück, Karosserie, Karosserieteil
5	3	Werkstückträger
	4	Manipulator, Roboter
	5	Konsole
	6	Schwinge
	7	Ausleger, Roboterarm
10	8	Hand, Roboterhand
	9	Abtriebsflansch
	10	Kreuzungspunkt
	11	Zusatzachse
	12	Ausleger
15	13	Laserquelle
	14	Laserstrahl
	15	Laserwerkzeug, Remote-Laserkopf
	16	Leiteinrichtung für Laserstrahl
	17	Leiterkabel
20	18	Leiterabschnitt
	19	Leiterkupplung
	20	Steuerung
	21	Recheneinheit
	22	Speicher
25	23	Eingabeeinheit
	24	Tastatur
	25	Datenträger
	26	Datenleitung
	27	Werkzeug, Tooling
30	28	Spannwerkzeug
	29	Transporteinrichtung
	30	Bearbeitungsbahn, Schweißbahn
	31	Gestell
35	I	Roboterachse, Drehachse
	II	Roboterachse, Schwenkachse
	III	Roboterachse, Schwenkachse

IV Handachse, Drehachse
V Handachse, Schwenkachse
VI Handachse, Drehachse

5 Vr Versatzgeschwindigkeit Roboter
Vs Bearbeitungsgeschwindigkeit, Schweißgeschwindigkeit
Vw Auslenkgeschwindigkeit

10 f Versatzweg Roboter
 s Bearbeitungsweg, Schweißweg, Nahtlänge

15 F Brennweite Laser
 α Auslenkwinkel, Orientierungsänderung Laserstrahl
 β Einstrahlwinkel
 df Höhenabweichung, Höhenfehler

20

25

30

35

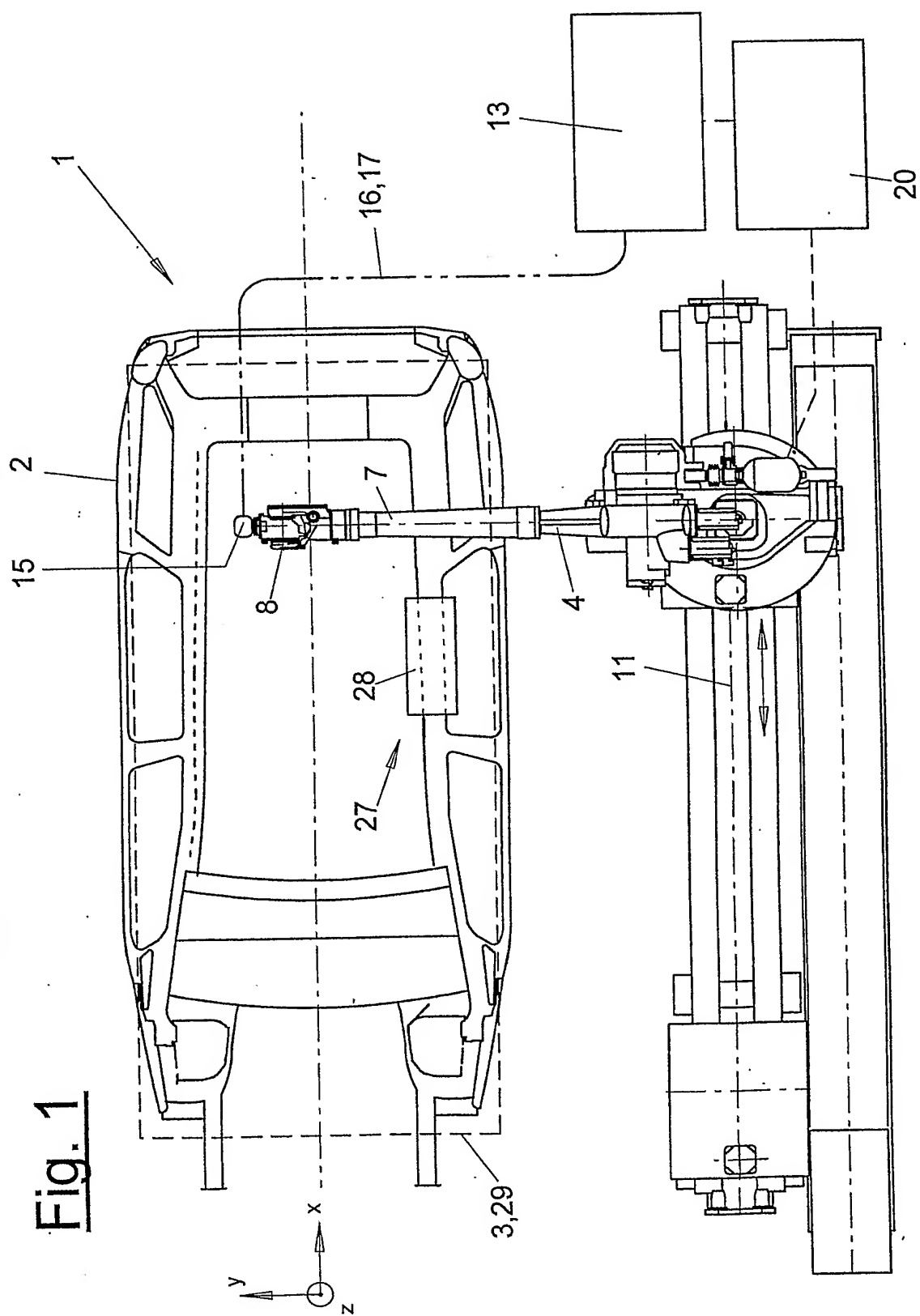
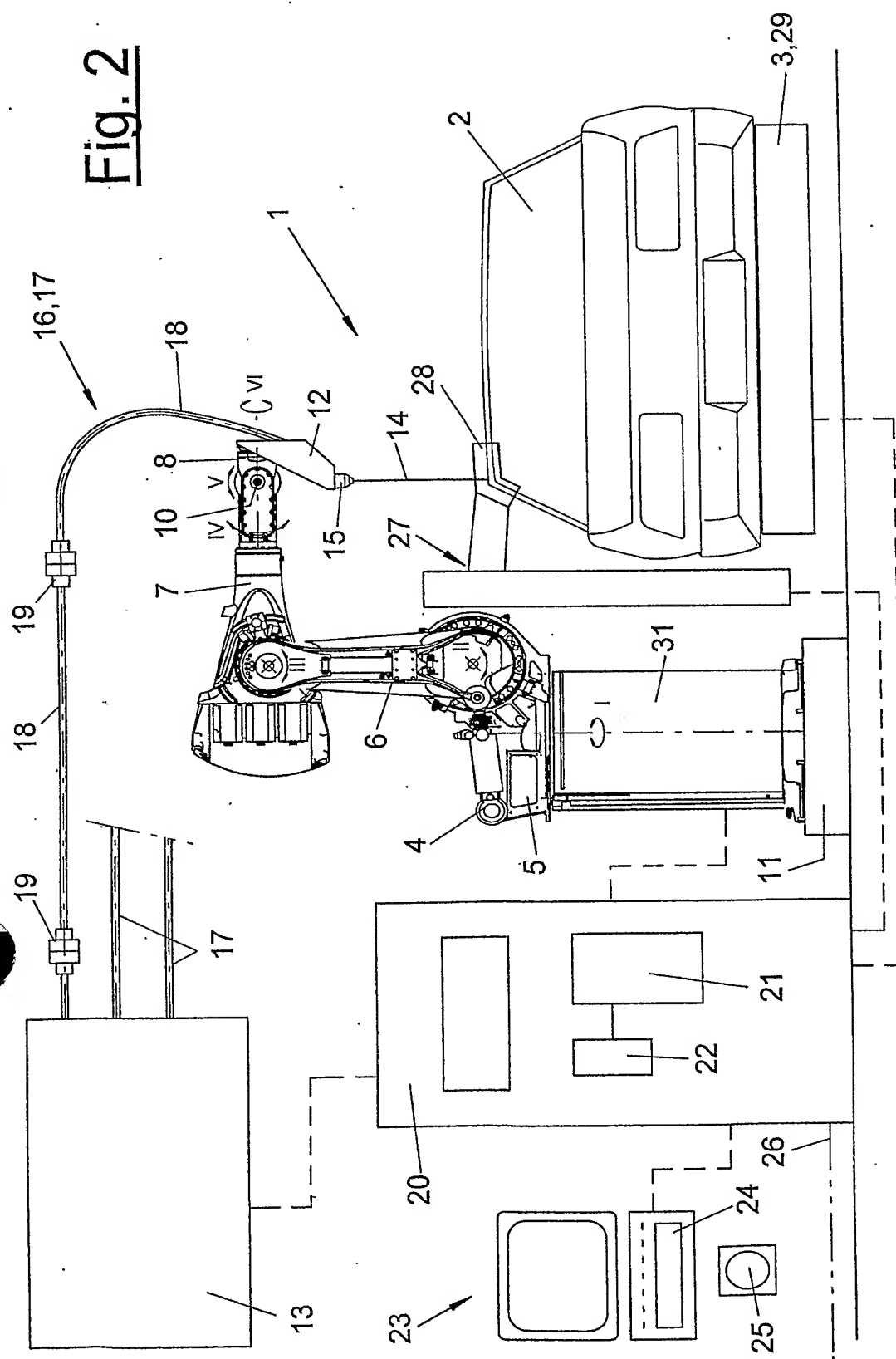


Fig. 2



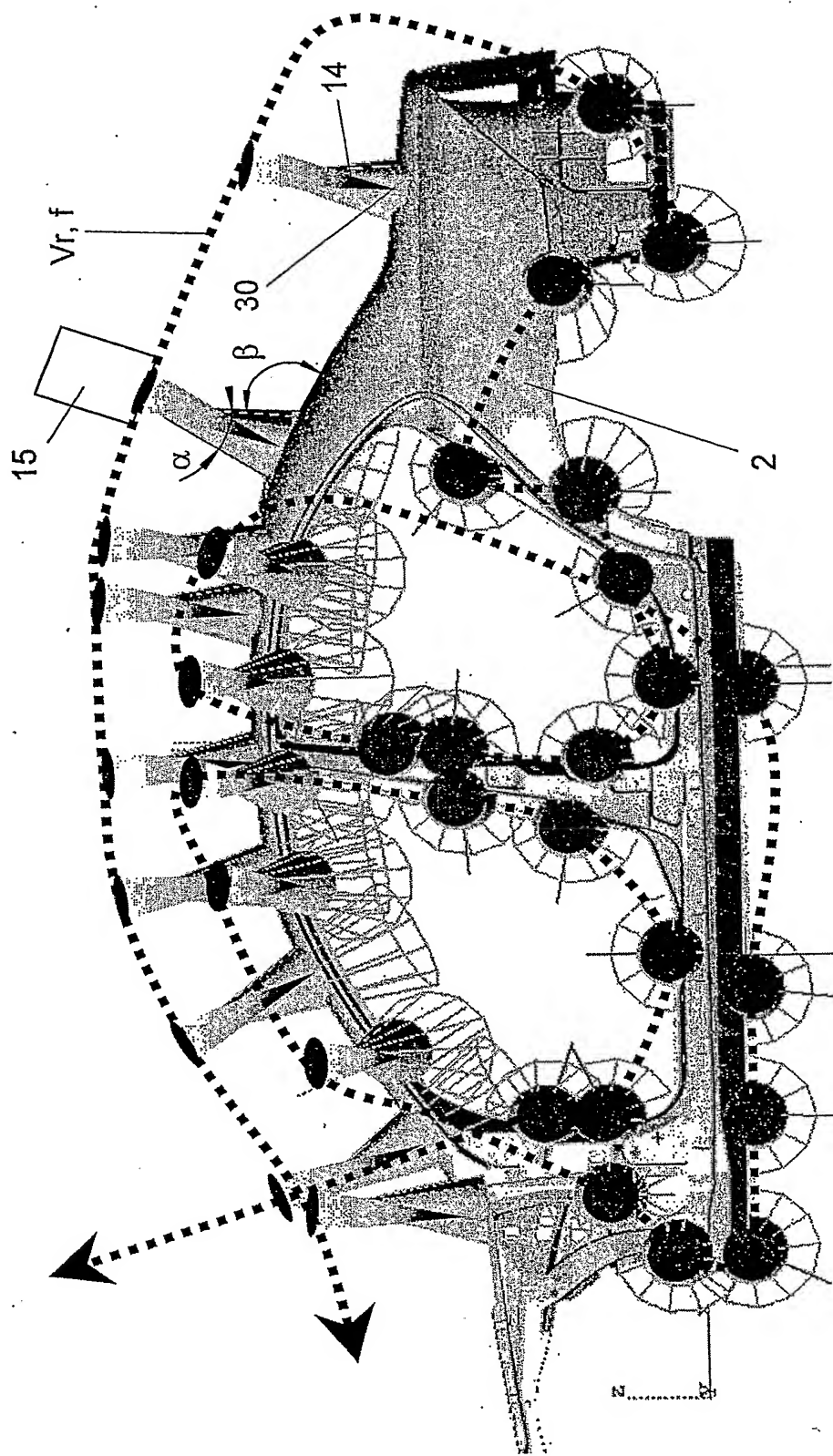


Fig. 3

Fig. 4

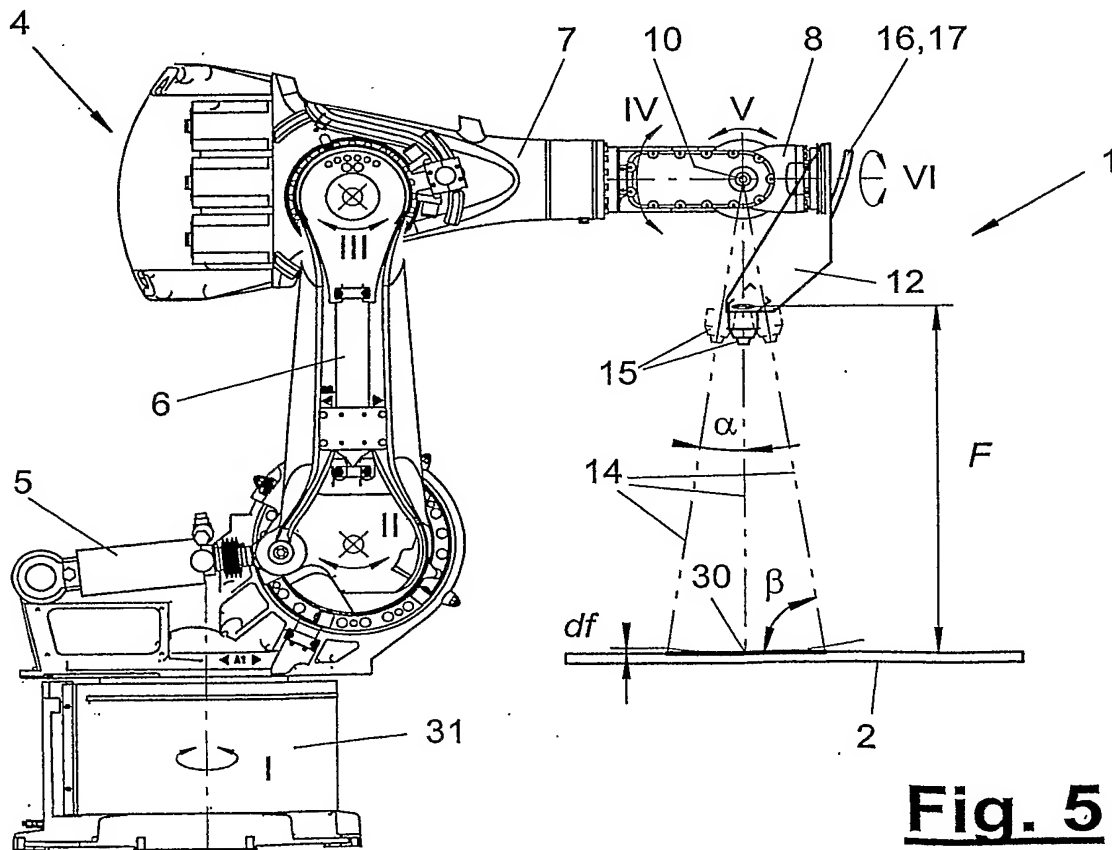
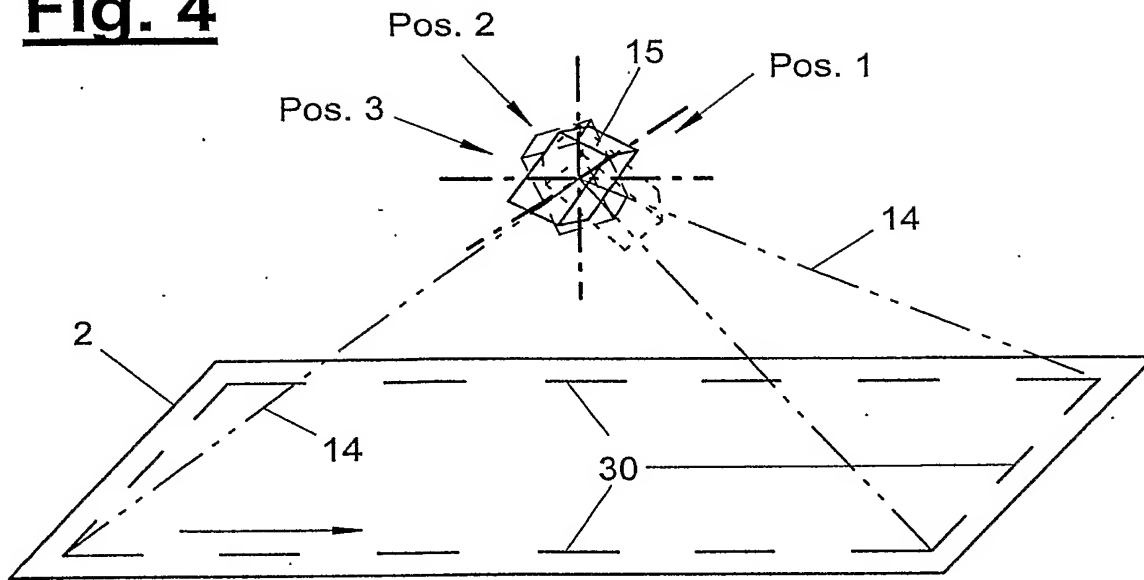


Fig. 5

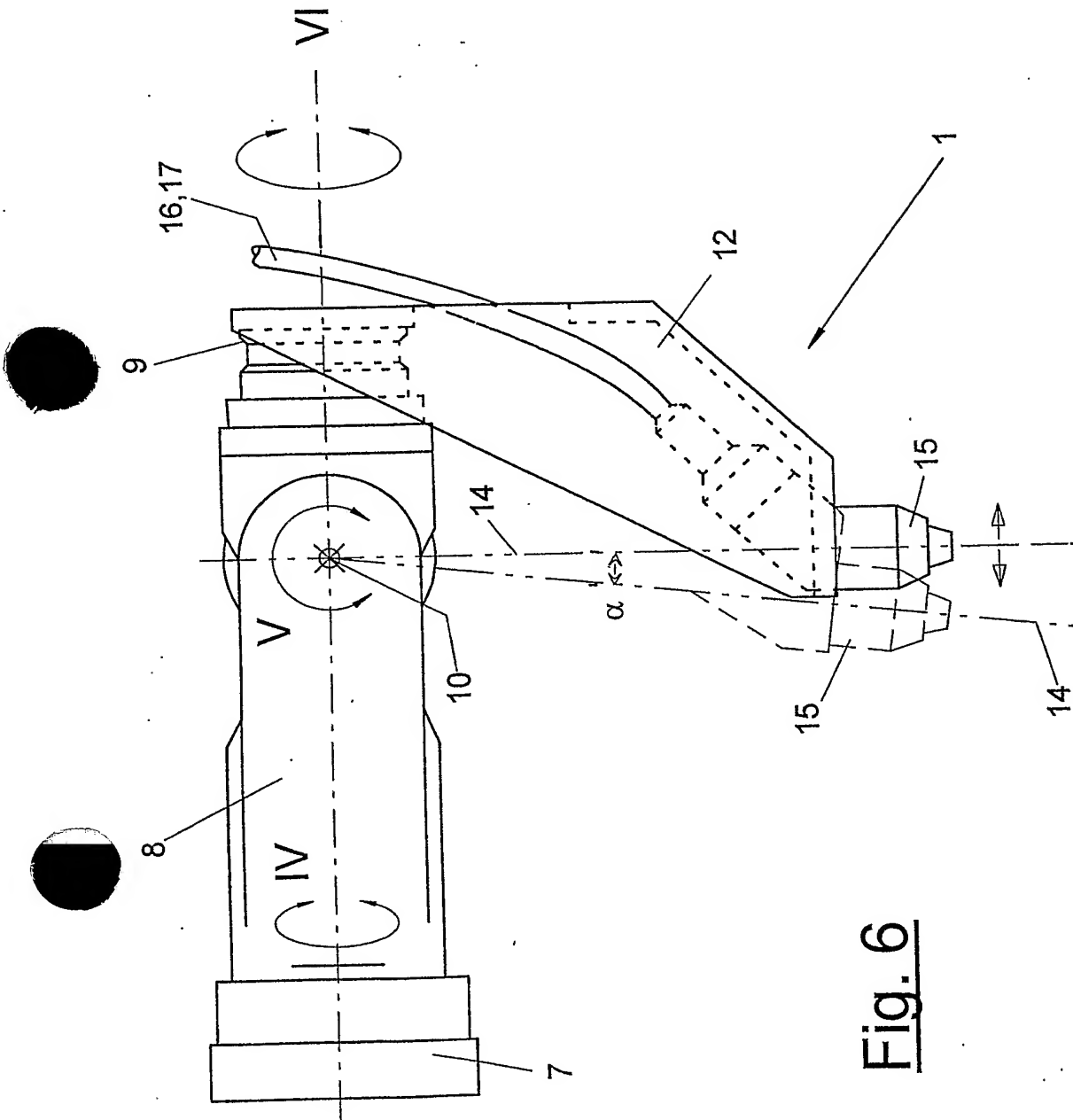


Fig. 6

Fig. 8

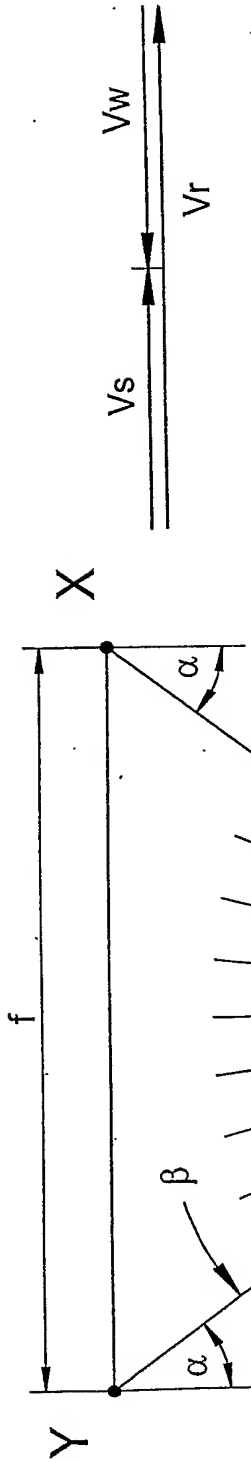


Fig. 7

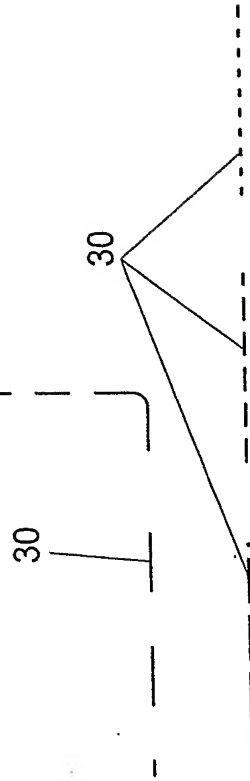


Fig. 9

